

飞机（及军用装备）雷电直接效应测试系统

介绍：

飞机、导弹、火箭、返回式飞船等飞行器在起飞和降落过程中不可避免的会遭遇雷电环境，任何一个电子系统或者单元受到干扰，都会造成严重的飞行事故。由于雷电电压高（上亿伏特）、电流大（200kA以上）等特点，无法在实验室中直接进行模拟测试，根据雷电的特性和测试目的不同，将雷电效应试验分为雷电直接效应试验和雷电间接效应试验两部分，

雷电直接效应试验用来模拟飞行器在遭受到雷电的直接作用时，在雷电辅助点附近所产生的燃烧、溶蚀、炸裂、结构畸变和强度降低等效应，一般将雷电直接效应分为高电压（附着点）试验和大电流（注入）物理损毁试验。

高电压附着点分区试验系统可模拟测试飞机等设备在遭受雷击时，在飞机表面不同区域可能被雷电袭击的概率，找到容易被雷电袭击的附着点。大电流物理损毁试验系统用来模拟飞机在遭受雷击时，其附着点遭受大电流时产生的高温、强电力对飞机结构等部分的破坏效应。

标准：

MIL-STD-464C

SAE ARP5412

RTCA/DO-160F/G

HB6129-1987

GJB 3567-1999

车载式高电压试验系统

产品介绍：

本套系统由三部分组成，包括高电压发生器、波形调整单元和控制测量系统，通过调整不同的波形调整单元即可实现电压波形的 A、B、C、D 四种波形，输出波形可满足 MIL-STD-464C、GJB1389A 以及 DO160 S23 等标准关于直接雷电的高电压试验，也可用于其他同类雷电及耐压试验研究。

特点：

- 户内型采用开放式主回路设计，H 型塔式机构，从而实现了整体超小型（图 1）；
- 采用铁壳油浸式本体设计，内置多级 Marx 放电回路，可实现车载移动安装（户外）；
- 基于触摸屏控制的全自动智能控制系统，图形化显示设备运行状态，操作简单、方便；
- 配置进行分区试验的匀电场电极及附着点测试电极、接地板等；
- 采用 Marx 发生器，实现并联充电串联放电；
- 球隙自动跟踪电压在全充电电压范围内自动调整球隙距离，可调精度 0.1mm；
- 自动安全保护程序，声光报警。

波形参数的定义：

根据 MIL-STD-464C 及 SAE ARP5412 等标准规定，测试波形主要有 A、B、C、D 四个电压波形，如下图所示。

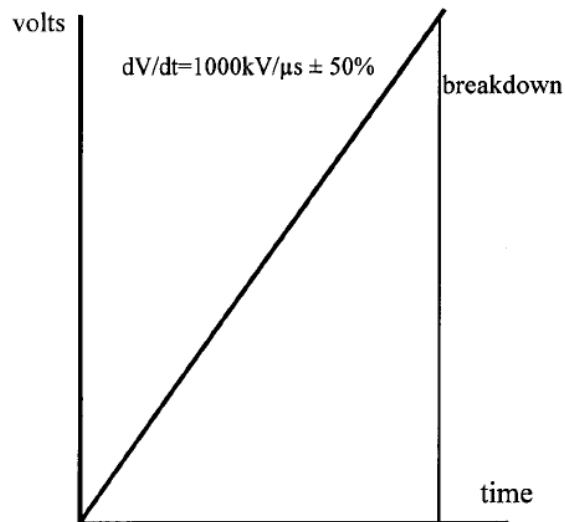


FIGURE 5 - VOLTAGE WAVEFORM A

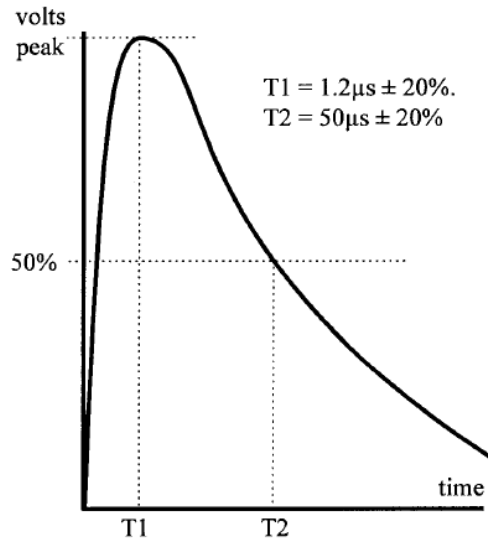


FIGURE 6 - VOLTAGE WAVEFORM B

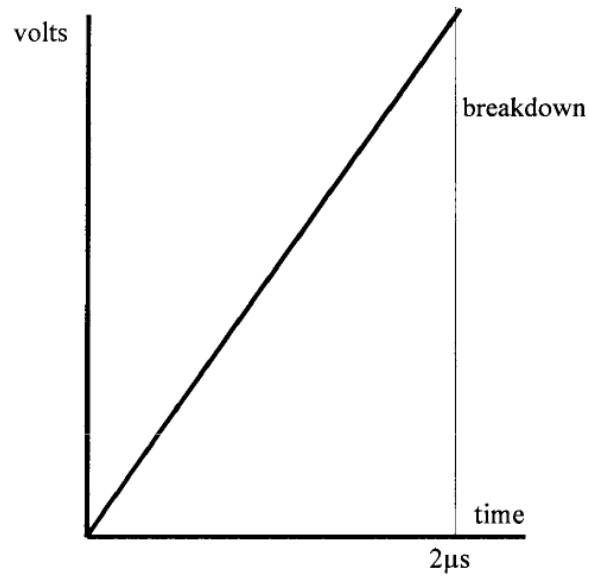


FIGURE 7 - VOLTAGE WAVEFORM C

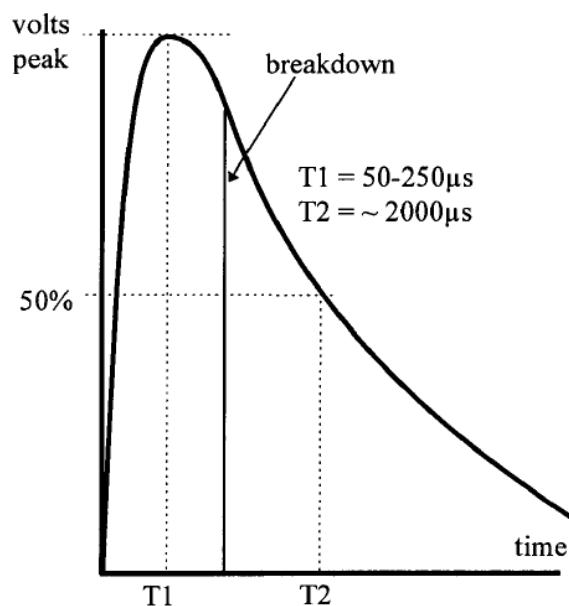
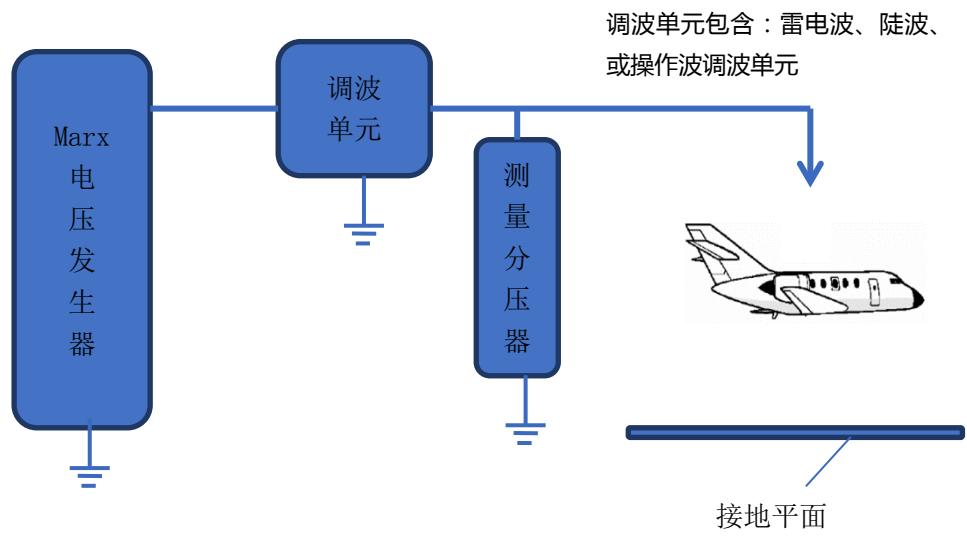


FIGURE 8 - VOLTAGE WAVEFORM D

图 飞机高电压试验波形

主要技术参数与特点:

LVG3000 技术参数:				
输出波形	A 波形	B 波形	C 波形	D 波形
波前时间	1000 (+500) kV/μs	1.2μs±20%	2μs±20%	50-250μs
衰减时间		50±20%		大于 2000
峰值效率	80%以上	90%以上	80%以上	60%以上
级电压	200kV			
级数	15 级			
电压等级	3000kV			
放电开关	铜球，三间隙点火			
开关形式	直线驱动 0~100mm 可调，精度 0.1mm			
波形形成方式	采用多级 Marx 发生器结构			
使用电源	AC220V 100A			
充电电压	20 ~ 200kV			
充电极性	正/负			
电压测量	若阻尼分压器			



飞机雷电高电压附着点分区试验示意图



可用于车载的高压雷电模拟器



室内安装的高压试验装置（参考）

车载式大电流物理损毁试验系统

介绍:

DLC200 系列雷电直接效应试验系统 (大电流) 主要用于实现直接雷电试验的大电流物理破坏试验, 本系统采用模块化结构设计, 整套系统由 4 个分量的单独发生器, 4 合一耦合去耦单元, 以及 1 套测控系统共由 6 辆屏蔽方仓组成, 可通过吊装由车辆直接运输到测试现场进行测试, 也可固定在实验室进行试验, 波形包括 ABCD 四个分量, 可实现单个分量输出, 也可组合在一起实现多个分量连续输出。该项技术已达到国际先进, 国内领先水平。

满足标准:

MIL-STD-464C

RTCA-DO 160G Section22

SAE ARP5412

SAE ARP5416

GJB 1389A

GJB 8848

GJB 3567

IEC 61643-11

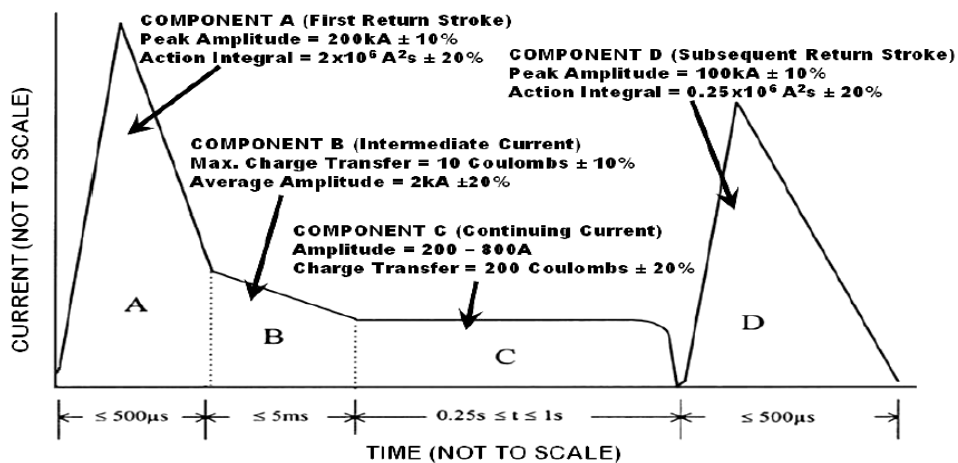
GB/18802.1

特点:

- 4 套发生器可任意组合实现连续波形输出;
- 充电电压可任意设置, 实现 A、Ah、B、C、C*、D6 种波形输出;
- 可选配输出 8/20、10/350 等民标波形模块;
- 丰富的保护功能, 充电异常保护, 连接口检测等;
- 电磁自锁安全门开关保护, 自动安全接地, 保护人身安全;
- 可根据需要选择振荡波和指数波输出;
- 测试编排流程功能;
- 自动极性切换, 输出正、负极性;
- 采用触摸屏+电脑的控制与测量一体化系统;
- 智能化控制, 实现真正的单人一键完成测试。

测试项目介绍:

本套系统即可 GJB1389A 及 GJB8848 等标准,同时也满足 DO160、ARP 5412 及 GJB3567 等飞机雷电直接效应试验,即满足用于测试军用装备的雷电环境可靠性试验,同时也满足飞机雷电直接效应的大电流物理损毁试验。输出波形如下图所示。



飞机雷电直接效应标准规定的连续波形

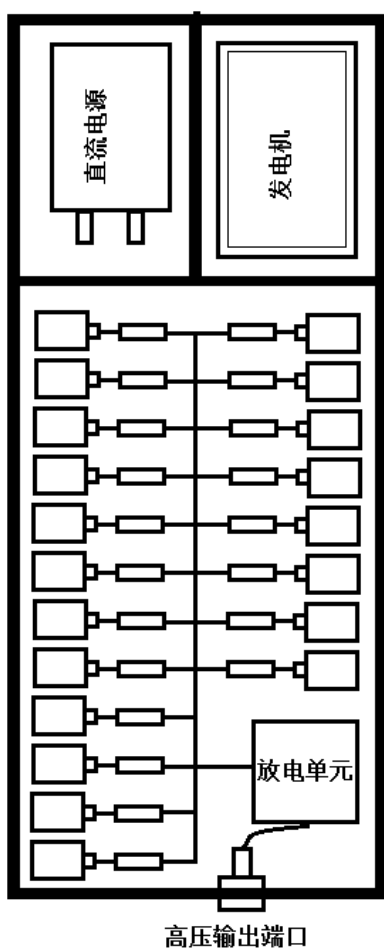
控制系统通用参数	
显示屏	15 英寸彩色触摸屏+工控机
工作电源范围	AC 220 V 50 / 60 Hz 32A/发电机
控制通讯方式	工业光纤组网控制 CC-Link
测量通讯方式	工业光纤以太网控制
放电间隔时间	20-999s, 可设置
输出极性	正、负
仪器工作状态指示	触摸屏, 警灯, 警铃
仪器接地连接方式	使用铜排+软连接接地线
尺寸	4 米测控车 (可选择含车辆)
仪器重量	约 3 吨
温度范围	-20 ~ +50°C
湿度范围	≤90%
海拔高度	不超过 1500m

波形选配模块参数表		
	DLC 200M	DLC 200H
综合参数		
负载阻抗范围	0 – 0.1Ω	0-0.3Ω
负载电感范围	0 – 1.5μH	0 – 6μH
带负载类型		
A 分量波形参数		
充电电压	0 ~ 60kV	0 ~ 85kV
储能能量	400kJ	1000kJ
输出电流	1 ~ 200kA	1 ~ 200kA
波形上升	<50μs	<50μs
波形半宽	<500μs	<500μs
作用积分	2MA ² s	2MA ² s-3MA ² s
输出波形	双指数波 (可调整至衰减振荡波)	双指数波 (可调整至衰减振荡波)
B 分量波形参数		
充电电压	0 ~ 20kV	0 ~ 30kV
储能能量	200kJ	300kJ
输出平均电流	1 ~ 2000A	1 ~ 2000A
波形上升	<150μs	<150μs
波形半宽	<5000μs	<5000μs
传递电荷量	10C	10C
输出波形	双指数波 (可选方波)	双指数波 (可选方波)
C 分量波形参数		
充电电压	1.5kV	2kV
储能能量	1000kJ	2000kJ
输出平均电流	1 ~ 800A	1 ~ 800A
波形上升	<1ms	<1ms
波形半宽	10ms - 1s	10ms - 1s
传递电荷量	10 – 200 C	10 – 300 C
输出波形	方波	方波
D 分量波形参数		
充电电压	0 ~ 60kV	0 ~ 85kV
储能能量	200kJ	200kJ
输出电流	1 ~ 100kA	1 ~ 100kA
波形上升	<25μs	<25μs
波形半宽	<500μs	<500μs
作用积分	0.25MA ² s	0.25MA ² s-0.5MA ² s
输出波形	双指数波 (可调整至衰减振荡波)	双指数波 (可调整至衰减振荡波)

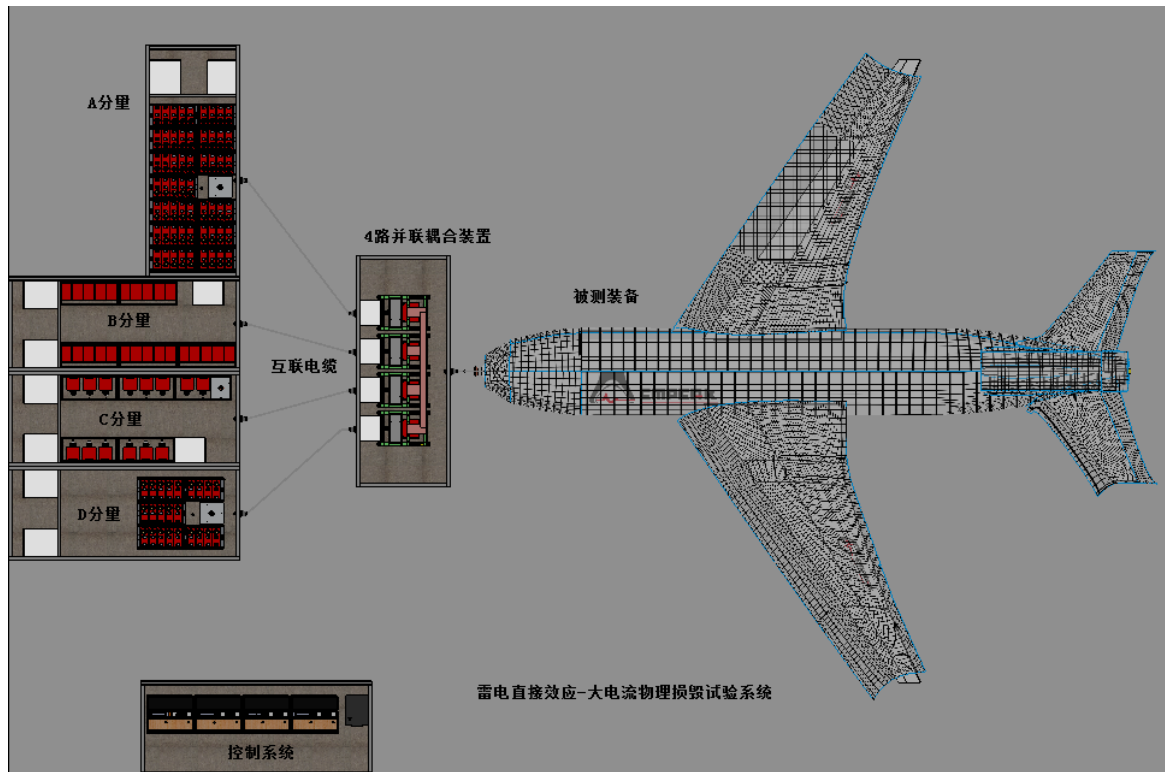
尺寸		
A 分量尺寸	2.44 × 6 × 2.5m (AD合并)	2.44 × 6 × 2.5m
B 分量尺寸	2.44 × 6 × 2.5m (BC 合并)	2.44 × 6 × 2.5m
C 分量尺寸		2.44 × 6 × 2.5m
D 分量尺寸		2.44 × 3 × 2.5m
耦合单元尺寸	2.44 × 3 × 2.5m	2.44 × 3 × 2.5m
控制测量单元	2.44 × 3 × 2.5m	2.44 × 3 × 2.5m

单个发生器内部结构布局：

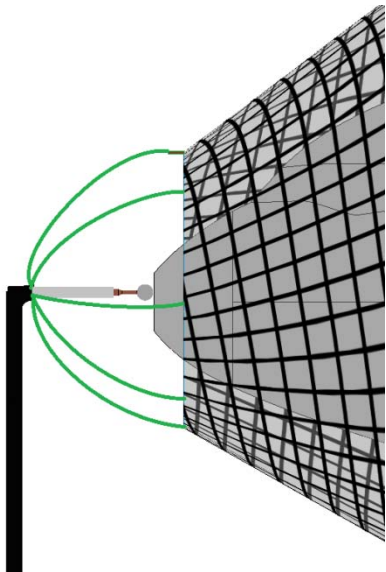
在结构设计方面每个发生器可独立运行，系统可采用市电供电及发电机供电两种方案，并可配置发电机仓，可于户外无电源环境下进行测试，发生器本体部分与发电机仓、高压直流电源仓分别独立，可有效减小高压放电产生的电磁干扰对电源部分的损坏。



整机测试现场布置方案



整机测试电极连接回路



输出电极高压端通过绝缘球及引弧丝连接至飞机需要测试的测试点，而低压端使用同轴连接方式与飞机外部的回流网连接，这样可起到减小放电回路电感量的目的。理论计算 38 米客机机体放电回路电感量最大约 4uH 左右。

测量控制系统：

控制系统采用分体式组网控制，包含 4 套单波分体控制系统，和一套联动波形总控系统，可实现对 4 套发生器（A、B、C、D 波形）进行单独的控制和一体化集中控制，只需要在参数设置页面简单设置几个波形的参数，点击运行按钮即可实现对全部四套发生器进行全自动运行，波形自动显示并计算参数，输出试验报告，整套试验流程实现一键完成测试，一个人即可完成所有试验操作。

采用光纤以太网进行组网，保证各控制系统的相对电气独立，同时保证控制系统的高稳定性和高可靠性，大大提高控制系统在高电磁环境中的抗干扰能力。

